第43卷 第2期　　地 質 学 报　　Vol. 43, No. 2
1963 年 5 月　　ACTA GEOLOGICA SINICA　　May, 1963

我国鉛鋅矿床中的硫盐矿物及其共生关系

任 英 忱

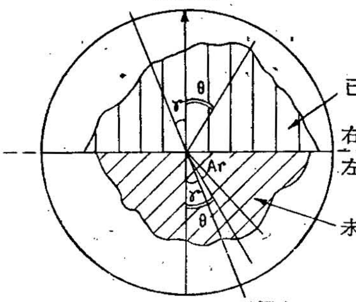
在鉛鋅矿床中經常存在着这样一类矿物，它的組成包括二部分：磺酐（As_2S_3, Sb_2S_3 或 Bi_2S_3）和磺基（Cu, Pb, Ag 等金属），它們在化学构造上又与盐类化合物相似，这类复杂化合物在矿物学上称作硫盐。大多数矿床中硫盐矿物的含量并不多，但由于它与金属、特别与貴重金属（如淡紅銀矿与銀）和分散元素（如輝碲鉍矿与碲）有着密切联系，而有些矿床的主要金属元素則主要呈硫盐矿物存在，因而研究硫盐矿物对查明矿石中元素存在状态、解决选矿冶炼以及元素綜合利用等問題都有着重大意义。硫盐矿物的結构复杂，所含的元素較多，研究硫盐矿物在矿石中的分布以及与其他矿物的关系，对了解鉛鋅矿床成矿过程有着一定意义。本文主要是根据作者研究我国某些矿床的矿石所得的資料写成的。

一、鉴 定 方 法

在硫盐矿物鉴定工作中，通常遇到的困难是：在矿石中硫盐矿物都很細小而且量少，很难挑出足够的样品作物理分析及化学分析，另外在反光下其中有些矿物的光学性质相近，很难单純依据光学性质作出正确的鉴定。本文中的硫盐矿物的鉴定，是依据部分 X-射綫粉晶資料、不同波长光下的反射率测定以及結合矿物的其他物理及化学性质测定等作出的。若想取得細小矿物的 X-射綫粉晶数据，必須在試驗操作方法上作某些改进。我們粉晶样品的挑选、由粉晶条的搓制到按装在 X-射綫象机的一系列过程（主要是在显微鏡下进行或經过显微鏡检查）都有較高的技术要求。其中影响照象质量的关鍵在于粉晶条的搓制和粉晶条按装在象机上的过程。若粉晶条粘的样品越多，样品粉碎的越細，粉晶条按置在象机时又对准光柵，則底片显出的綫条就越多，越容易正确鉴定。粉晶条的搓制过程是：先在显微鏡下于光片上将所要鉴定的矿物刻成粉末，然后用胶粘取矿物样品放在两块玻璃片中間反复搓磨制成粉晶条。放在两块玻璃片中間搓磨的目的，是使胶上所粘的矿物样品粉碎。这样，作一个矿物的 X-射綫粉晶所需矿样的量并不多，只 0.3 毫克左右就可得出滿意的結果。本文所测矿物反射率也引用了陈正先生設計的双石英片[2]。由于硫盐矿物全为不透明非均质矿物，在测定时必須将矿物轉至消光方向，除去上偏光，然后分别测其 Rg' 和 Rp'。否則，不透明非均质矿物有旋轉反射平面偏光的性质，有产生周相差生成椭圓偏光的性质。这两种性质都能使反射到石英片的偏光面再发生旋轉。如下图所示，当其旋轉角度为 Ar（称視旋轉角）时，則計算公式将变为：

$$x = m\frac{\cos^2(\theta+\gamma)}{\cos^2(\theta-\gamma\pm Ar)}$$

式中 $m(\%)$ 为已知矿物的反射率，x 为未知矿物的反射率，θ 为石英片的旋轉角，γ 为顶偏光旋轉到二石英片光度相等时的轉角。而由此公式計算出之反射率仅为一般之 R，而不是 Rg' 和 Rp'。用双石英片所测之反射率与用光电法测得的反射率，两者相差均



双石英片測矿物反射率图解

在2% 以下。此处所測反射率的比較矿物系采用方鉛矿或黄鉄矿，并以兰姆多（P. Ramdohr）[9] 所測方鉛矿之反射率（在空气中）綠光为 43.4%，橙光为 41.6%，紅光为 40.1%；黄鉄矿之反射率（在空气中）綠光为 53.5%，橙光为 53.5%，紅光为 52.5% 为依据。

二、矿 物 描 述

我国鉛鋅多金属矿床中已鉴定出的硫盐及含砷、銻、鉍矿物有以下几种：

1. 銅、鉛的銻硫盐矿物：

硫銻鉛矿（Boulangerite） $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$

脆硫銻鉛矿（Jamesonite） $4PbS \cdot FeS \cdot 3Sb_2S_3$

車輪矿（Bournonite） $PbCuSbS_3$

黝銅矿（Tetrahedrite） $Cu_{12}Sb_4S_{12}$

2. 銅的砷硫盐矿物：

硫砷銅矿（Enargite） Cu_3AsS_4

块状硫砷銅矿[1)]（Luzonite） Cu_3AsS_4

砷黝銅矿（Tennantite） $Cu_{12}As_4S_{12}$

3. 銀的砷硫盐矿物：

淡紅銀矿（Proustite） Ag_3AsS_3

4. 鉛、錫的銻硫盐矿物：

輝銻錫鉛矿（Franckeite） $Pb_5Sn_2Sb_2S_{12}$ 或 $5PbS \cdot 2SnS_2 \cdot Sb_2S_3$

5. 鉛、銅的鉍硫盐或含鉍矿物：

輝鉛鉍矿（Bismuthoplagionite） $Pb_5Bi_{18}S_{17}$

脆硫銅鉍矿（Klaprotholite） $Cu_6Bi_4S_9$

輝碲鉍矿（Tetradymite） $2Bi_2Te_3 \cdot Bi_2S_3$

多碲鉍矿（Hedleiite） Bi_7Te_3

鉛泡鉍矿（Alaskaite） $(Pb、Ag_2、Cu_2)S \cdot Bi_2S_3$

硫 銻 鉛 矿

硫銻鉛矿为分布最广泛的一种鉛的銻硫盐矿物。它主要产于低中温及中温鉛鋅矿床，但个别亦見于中高温錫石硫化物矿床內。大多数矿床中，硫銻鉛矿的含量都很微少，一般仅在显微鏡下見其呈細小浸染体，分布于方鉛矿中。但广西、甘肃的两个矿床較为特殊，該地見硫銻鉛矿有显著的聚集。广西某地硫銻鉛矿产于菱鉄矿的裂隙中呈晶簇状产出；甘肃某地硫銻鉛矿产于黄鉄矿、閃鋅矿矿石中間，集合体直径达 0.5—2 厘米。硫銻鉛矿

1）本文所采用的矿物名称是以中国科学院編譯出版委員会名詞室編訂的《矿物学名詞》(1957) 为依据，但笔者認为，Luzonite 定为"块状砷硫銅矿"（矿物前冠以矿石构造名称），尚値得商榷。

的生成一般較主要金属矿物（黄鉄矿、閃鋅矿、方鉛矿）为晚，常見于晚期矿化阶段的方鉛矿中，呈不規則的細脉状，但甘肃某地亦見有較方鉛矿为早的自形硫銻鉛矿。此矿物的外观形态为毛发状和針状，呈鋼灰色，具金属光泽，不透明，硬度低，能为銅針所刻划，条痕为灰黑色。反光下，硫銻鉛矿为強非均質矿物，具双反射，平行偏光下顏色有变化，由白色到灰綠色（略带苹果綠色），用双石英片测得之反射率，在空气中，紅光 31.5%，橙光 31.3%，綠光 36.3%，油浸下有紅色內反射。浸蝕鉴定：加 HNO_3 顏色变暗，其他与 $FeCl_3$，$HgCl_2$，KOH，KCN，HCl 均无反应。

表 1　硫銻鉛矿的 X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
	—	0.5	6.74	4	1.756	6	1.757
	—	1	6.31		—	2	1.725
1	4.37	0.5	5.20		—	1	1.668
1	4.08	0.5	4.86		—	2	1.657
1	3.9	1	4.36		—	0.5	1.588
10	3.745	10	3.71		—	0.5	1.537
1	3.576		—		—	1	1.504
1	3.465	1	3.43	2	1.468	1	1.465
2	3.322	3	3.32	3	1.41	2	1.408
2	3.235	5	3.21		—	1	1.378
4	3.02	4	3.02		—	0.5	1.303
9	2.828	8	2.815	1	1.242	1	1.239
1	2.70	3	2.691	3	1.07		—
1	2.45	1	2.435				
2	2.388	5	2.337				
2	2.16	4	2.145				
2	2.056	2	2.056				
3	1.93	2	1.920				
8	1.856	7	1.861				

1. 广西，标本号 3A037，Fe 靶。
2. 比較矿物，哥伦比亚，苏利万矿床（Брит. Суливан），Cu 靶，Ni 滤光片。

脆 硫 銻 鉛 矿

我国产地不多，仅見于广西和吉林的两个矿床。前处此矿物呈大量堆积，成为該矿床含鉛的主要金属矿物。脆硫銻鉛矿的产状有：

（1）与鉄閃鋅矿、黄鉄矿、磁黄鉄矿、毒砂或与黄鉄矿共生，构成致密的块状矿石。其中，脆硫銻鉛矿的結晶形态視其在矿石中的含量而定，当其含量少时，則成粒状、柱状或放射状。当其含量多时，或单独构成矿石时，則晶体彼此平行排列，构成纖維状或梳状。

（2）单独构成細脉，发育于近矿之围岩中。其中脆硫銻鉛矿的晶体有的垂直，有的平行，有的斜交脉壁生长。

此种矿物的晶形多为长柱状，但亦有呈纖維状及短柱状者。晶体长度最大可达 10 厘米，一般均为 1—2 厘米。此矿物外观为鋼灰色，具金属光泽，性脆，硬度低，条痕为灰黑

色，比重 5.51。反光下，脆硫銻鉛矿为強非均質矿物，具明显之双反射，在平行晶体延長方向，双反射現象尤为显著，顏色有变化，一方向为白色，而另方向为灰苹綠色。用双石英片測得之反射率，在空气中紅光 27.8%，橙光 31.9%，綠光 39.1%；用光电法測得之反射率，在空气中紅光 29.5%，綠光 39.6%。硬度低，銅針易刻划。浸蝕鉴定：加 HNO_3 变黑褐色，显內部結构，加 KOH 变紫紅色，显內部結构，与 HCl, KCN, $FeCl_3$, $HgCl_2$ 无反应。

表 2 脆硫銻鉛矿的 X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
2	5.96		--		--	3	1.967
3	4.98		--	3	1.903	6	1.905
2	4.425		--	2	1.864	4	1.882
1	4.3		--	3	1.825	8	1.826
4	4.1	8	4.03	1	1.775	2	1.760
5	3.82	8	3.76	1	1.747		--
10	3.443	10	3.42		--	6	1.717
	--	2	3.20	2	1.708		—
6	3.093	8	3.11		--	2	1.616
1	2.97	4	2.95	1	1.667	2	1.581
1	2.94		--	1	1.632	6	1.528
5	2.827	8	2.81	1	1.567	2	1.469
7	2.737	9	2.72	2	1.517	4	1.455
1	2.531		--	2	1.448	2	1.440
1	2.365	3	2.37	2	1.405	3	1.415
5	2.298	8	2.31	1	1.281	2	1.408
5	2.238	8	2.25	1	1.255	6	1.361
1	2.175	2	2.17	1	1.229	3	1.347
1	2.095	3	2.10	2	1.205	2	1.306
4	2.046	9	2.05	3	1.159	4	1.283
6	2.021	9	2.04	1	1.112	3	1.267
				2	1.077	6	1.257

1. 广西，标本号 3A020，Fe 靶。
2. 比較矿物，英国康諾努尔 (Корнуэлл)，Cu 靶。

車 輪 矿

为分布比較广泛的一种鉛、銅的銻硫盐矿物。它主要产于低中温及中温热液鉛鋅矿床，个別亦賦存于矽卡岩多金属矿床中。此矿物的含量甚少，仅見于显微鏡下。它主要形成于晚期矿化阶段，与其共生的矿物除方鉛矿、閃鋅矿外还有各种鉛或銅的銻硫盐矿物，偶尔亦見黃銅矿。此矿物常常包裹于方鉛矿中，呈細小的点状、长条状或呈不規則脉状。車輪矿一般生成較方鉛矿、閃鋅矿等主要金属矿物为晚，如辽宁一个矿区見此种矿物呈点滴状或长条状分布于閃鋅矿、方鉛矿顆粒之間，有的亦呈不規則网脉穿插于方鉛矿顆粒之中(照片 1)。

車輪矿外观为鋼灰色，致密块状，具金属光泽，硬度低，条痕为灰黑色。反光下，此矿物为強非均質性，正交偏光下，有明显之双反射，顏色有变化，由灰白、黃綠变为藍綠色，平

行晶体延长方向为灰綠色反射率略低，垂直晶体方向为灰略带黃色。用双石英片测得之反射率如表 3 所示：

表3 車輪矿的反射率

在空气中 (%)			在油中 (%)		
紅光	橙光	綠光	紅光	橙光	綠光
Rg 28.8 *Rp* 23.8	*Rg* 31.3 *Rp* 24.1	*Rg* 38.5 *Rp* 31.9	*Rg* 16.6 *Rp* 13.7	*Rg* 19.8 *Rp* 14.3	*Rg* 24.1 *Rp* 20.9

辽宁及广西的两个矿床中，車輪矿均有完好的格状及聚片双晶，有紅色內反射。此矿物的顆粒細小，一般直径为 0.003—0.03 毫米。氧化后变成銅藍。

表4 車輪矿的 X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
I	*d/n*	I	*d/n*	I	*d/n*	I	*d/n*
	—	4	5.80	8	1.763	8	1.77
	—	2	4.75		—	2	1.725
3	4.30	6	4.35	4	1.663	6	1.66
3	4.07	4	4.10	4	1.632	6	1.635
7	3.86	9	3.85		—	2	1.590
3	3.665	6	3.66		—	6	1.550
3	3.24	6	3.25		—	2	1.495
7	2.95	6	2.97		—	2	1.482
	—	3	2.90	4	1.418	6	1.418
2	2.81	4	2.82	2	1.390	6	1.385
10	2.72	10	2.72		—	4	1.361
4	2.67	6	2.65		—	3	1.337
7	2.59	8	2.57		—	2	1.325
	—	6	2.36		—	2	1.282
	—	3	2.28		—	2	1.248
	—	3	2.23	3	1.229	3	1.225
	—	3	2.16		—	2	1.212
3	2.09	4	2.09	3	1.148	3	1.145
7	1.974	4	1.97		—	3	1.114
6	1.944	4	1.94	3	1.103	3	1.102
6	1.845	6	1.84	3	1.089	3	0.985
				3	1.079		

1. 广西，标本号粉 108，Fe 靶。分析人：王冠鑫。
2. 布留特，蒙他納 (Бьютт, Монтана)，Cu 靶，Ni 滤光片。

硫　砷　銅　矿

分布不广，已知的产地仅有辽宁、甘肃、福建三处。其中，前两处属中温热液鉛或鉛鋅矿床，后者为矽卡岩型鉛鋅矿床。辽宁某矿区硫砷銅矿与方鉛矿、黝銅矿、块状硫砷銅矿共生，它常呈細脉状，乳滴状存在于方鉛矿顆粒之間，并常以不規則細脉穿插于块状硫砷銅矿中，并有时沿双晶进行交代。福建某矿床，硫砷銅矿在閃鋅矿中呈細小乳滴状体产出。

反光下硫砷銅矿为非均质，有双反射現象，反射色为棕玫瑰色，油浸下有紅色内反射。用双石英片測得之反射率見表5：

表5　硫砷銅矿的反射率

在空气中(%)			在油中(%)		
紅光	橙光	綠光	紅光	橙光	綠光
Rg 25.0 *Rp* 22.0	*Rg* 25.2 *Rp* 22.7	*Rg* 28.0 *Rp* 23.0	*Rg* 15.0 *Rp* 13.0	*Rg* 14.5 *Rp* 10.6	*Rg* 14.5 *Rp* 10.1

块状硫砷銅矿

仅見于辽宁、甘肃的两个矿床。块状硫砷銅矿全在方鉛矿中呈乳滴状及不規則状，顆粒細小直径約为0.01毫米。它具有明显之板状双晶，反光下为非均质性，有双反射現象，顏色为棕綠色。用双石英片測得之反射率，在空气中，紅光24.2%，橙光23.3%，綠光25.4%。

淡紅銀矿

我国已知的产地有辽宁、江西、青海、广东四处。此矿物主要賦存于中溫鉛鋅矿床的矿石中，全出現于晚期矿化阶段，共生矿物有方鉛矿、閃鋅矿、黄銅矿、毒砂和鉛、銅的砷銻含硫盐。淡紅銀矿分布不广，含量稀少，仅見于显微鏡下。矿物顆粒細小，直径为0.008—0.03毫米。它全包裹在方鉛矿中呈不規則状及細長的粒状。反光下淡紅銀矿为非均质性，呈天青色，有双反射，随結晶方位不同，顏色有深浅变化，有渲紅色内反射，甚至在空气中亦相当清楚，反射力低于黝銅矿，相对突起較方鉛矿为低。

輝銻錫鉛矿

仅見于广西某地錫石硫化物矿床的矿石中，与其共生的矿物有鉄閃鋅矿、黄鉄矿、毒砂、錫石、方解石、石英等。矿物外观具片状晶形（集合体呈梅花状或放射状，有时亦見成

表6　輝銻錫鉛矿的X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
I	*d/n*	I	*d/n*	I	*d/n*	I	*d/n*
2	4.20		—	1	1.71		—
2	3.79		—	1	1.55		—
7	3.40	8	3.43	2	1.43	2	1.44
3	3.15	2	3.15	1	1.30	6?	1.30
10	2.85	10	2.88				
1	2.23	4	2.22				
5	2.04	7	2.06				
2	1.90		—				
2	1.82	6	1.82				

1.广西，Fe靶，根据李錫林資料[1]。
2.比較标本，玻利維亚，Iloопо, Opypo，Cu靶，Ni濾光片。

脉状)，用針拨之可成薄片，有弯曲現象，并具柔性。垂直矿物晶体延长方向，晶面条紋特别发育，条紋甚細而且密集。顏色鋼灰，金属光泽，硬度低，条痕灰黑色。

反光下此矿物为強非均质性，灰白色，空气中双反射現象不明显。油浸下粉末呈浅黃紅色，硬度低，鋼針易刻划。偏光下結晶顆粒为长条形，有明显之双晶，双晶紋垂直或近于垂直晶体延长方向。用光电法測得之反射率为：在空气中紅光 34.0%，橙光 35.3%，綠光 35.5%。浸蝕鉴定：加 HNO_3 呈現蓝色，出現暗的色暈，加 HCl、KOH 均顏色变暗，与 $FeCl_3$、$HgCl_2$ 无反应。

鉛、銅的鉍硫盐或含鉍矿物

此类矿物目前仅見于福建、吉林、广东的三个鉛鋅矿床中。由于此类矿物的含量甚微，而一般顆粒又比較細小，目前研究还很不够，除少数 X-射綫粉晶数据外，大部分全凭光性鉴定。福建某地含此类矿物的为矽卡岩型鉛鋅矿床，鉛、銅鉍硫盐全部出現于硫化物阶段，与其共生的矿物除方鉛矿、閃鋅矿外，还有黃鉄矿、磁黃鉄矿、毒砂、黃銅矿、輝鉍矿等。含有此类矿物的吉林某地鉛鋅矿床是产在花崗閃长岩、石英閃长斑岩接触带上的热液脉状矿床，其中共生矿物除常見的鉛鋅矿物外，还有鉛銅的砷銻硫盐。广东某地为中高温热液多金属矿床。該矿床的矿石中，鉍矿物与黃鉄矿、磁黃鉄矿紧密共生。現分别描述此类矿物如下：

輝　鉛　鉍　矿

为一种比較少見的矿物。 福建某矿床的輝鉛鉍矿包裹于閃鋅矿中，与輝鉍矿、自然鉍、硫砷銅矿共生。此矿物为強非均质，正交偏光下有顏色变化，由浅黃至暗棕，有双反射現象，色由浅黃到浅棕，相对突起比閃鋅矿为低。

脆　硫　銅　鉍　矿

含量甚少，仅見于閃鋅矿中。反光下此矿物为強非均质性，为灰白色，具強双反射，其中有一方向反射力較磁黃鉄矿为高，而另一方向又几乎相等。相对突起低于閃鋅矿。

鉛　泡　鉍　矿

鉛泡鉍矿仅見于吉林某地。此矿物的含量甚少，只見于一光片中。它常呈不規則粒状集合体，与脆硫銻鉛矿在一起。反光下为強非均质性，无色，顏色与方鉛矿相近，只微带有棕色色调，反射率与方鉛矿近似，有双反射，无內反射，用印痕法測得有 Bi 的反应。顆粒直径 0.09 毫米。

輝　碲　鉍　矿

含量甚少，仅見于方鉛矿中，其顆粒一般都很細小，直径 0.01 毫米。反光下为非均质性，呈亮黃色，有弱双反射，硬度略比方鉛矿为低。用双石英片測得之反射率在空气中紅光 45.7%，橙光 50.1%，綠光 49.3%。

表 7 辉碲铋矿的 X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
1	d/n	1	d/n	1	d/n	1	d/n
5	4.95	2	4.94		—	2	1.601
4	3.65	1	3.64	4	1.567	2	1.551
4	3.46		—		—	1	1.506
2	3.32		—	3	1.449	3	1.439
	—	1	3.24	3	1.438	2	1.423
10	3.12	10	3.10	4	1.354	3	1.347
2	2.89		—	6	1.30	5	1.292
2	2.78	2	2.76	3	1.261	3	1.254
2	2.62	3	2.59		—	1	1.216
2	2.48	3	2.45	5	1.214	5	1.207
7	2.315	5	2.28	3	1.185	1	1.181
	—	3	2.16	4	1.083	1	1.080
7	2.13	4	2.11	4	1.053	2	1.051
2	1.99	4	1.963	4	1.039		—
6	1.95	4	1.916	6	1.014	4	1.012
	—	1	1.819	3	1.001		—
	—	1	1.766		—	2	0.979
4	1.76	4	1.747		—	2	0.962
4	1.657	5	1.640		—	3	0.941
					—	3	0.914
					—	4	0.880
					—	4	0.839

1. 我国标本，标本号 C-1, Fe 靶。
2. 比較样品，据 R. M. Thompson 資料，Cu 靶，Ni 滤光片。

多 碲 铋 矿

为一种比較少見的含碲、铋矿物，在国外发現于 1945 年，国内这还是首次描述。它賦存于一个中高温多金属矿床中，与其伴生的矿物有黄鉄矿、黄銅矿、磁黄鉄矿。多碲铋矿呈浸染状分散于黄鉄矿或磁黄鉄矿黄銅矿集合体中，它交代了黄鉄矿并与磁黄鉄矿一起

表 8 多碲铋矿的 X-射綫粉晶分析数据

1		2		1		2	
1	d/n	1	d/n	1	d/n	1	d/n
	—	1	4.38	3	1.995	3	1.984
	—	1	3.26	1	1.846	3	1.840
10	3.284	10	3.25	1	1.725		—
1	3.01		—	3	1.632		—
2	2.92		—		—	4	1.621
2	2.625		—	3	1.480	4	1.480
1	2.465		—	2	1.421	3	1.419
6	2.365	5	2.36		—	2	1.389
6	2.238	4	2.23	2	1.311	2	1.308
1	2.131	1	2.11		—	1	1.288
4	2.073		—				

1. 我国标本，Fe 靶。
2. 比較矿物，海德萊克萊特区赫德山 (Гуд хор, Клайт, близ Гедлей) Cu 靶，Ni 滤光片。

交代黃銅矿(照片 2，3)。此矿物的顆粒一般都比較細小，直径在 0.01—0.2 毫米之間。外观为黑色，具金属光泽，性脆。反光下，具強非均質性，双反射現象不明显，白色。用双石英片測得之反射率，在空气中紅光 47.3%，橙光 48.4%，綠光 50.8%。相对突起較黃銅矿为低。浸蝕鉴定：HNO_3，HCl，$HgCl_2$，$FeCl_3$ 为正反应，KCN、KOH 为負反应(根据刘义茂)。微化分析有 Bi 反应。

三、矿物共生問題的討論

关于矿床中硫盐矿物的共生[1)]及消长，和主要金属矿物之間的关系以及与矿床成因的关系，是一个复杂而不容易解决的問題，目前这方面的研究資料尚少，而矿物合成所作的工作仅限于个别矿物系列[10]，現仅能依据我国不系統的資料，提出极不成熟的看法。

1. 在一矿床中所出現的硫盐矿物組合与矿床类型有着密切关系。在我国鉛鋅矿床中硫盐矿物有以下矿物組合：

(1) 在矽卡岩銅鉛鋅或含銅的鉛鋅矿床中有方鉛矿、黃銅矿、鉍硫盐組合、銅的砷硫盐組合，如福建、湖南。

(2) 在中、高温多金属矿床中有：1)磁黃鉄矿、鉄閃鋅矿、黃銅矿、鉍硫盐組合；2)磁黃鉄矿、鉄閃鋅矿、鉛的銻硫盐組合，如广西。

(3) 在中温鉛鋅矿床中有：1)方鉛矿、鉄閃鋅矿、黃銅矿、銅的砷硫盐組合，如辽宁、甘肃的两个矿床；2)磁黃鉄矿、鉄閃鋅矿、方鉛矿、鉛的銻硫盐組合，如甘肃；3)方鉛矿、黃銅矿、鉛銅的銻硫盐組合，如甘肃。

(4) 在中低温鉛鋅矿床中有：1)閃鋅矿、方鉛矿、鉛銅的銻硫盐組合，如广西；2)鉄閃鋅矿、鉛的銻硫盐組合，如广西。

(5) 在黃鉄矿型多金属矿床中有鉄閃鋅矿、黃銅矿、方鉛矿、銅的硫盐組合，如甘肃。

总之，矽卡岩型和高温热液矿床較常見的硫盐多为含鉍的硫盐，而中温热液矿床就較复杂，有鉛的銻硫盐，也有銅的砷硫盐；低温热液矿床主要为銻硫盐和銀的砷硫盐；黃鉄矿型多金属矿床大部分为銅的硫盐而缺少鉛的硫盐（我国祁連山地区如此，苏联烏拉尔、阿尔泰地区亦如此)。

2. 硫盐矿物的形成，其所涉及的因素很多，現根据具体矿床就其中某几方面进行討論。在上述每一类型矿床中都包括几个硫盐矿物組合，它們之間的区别原因，显然必須从温度、深度因素之外另行解释。現以中温热液矿床为例，这类矿床共包括三个組合，其中前两个組合区别最明显。現以某地的鉛鋅矿床作为方鉛矿、鉄閃鋅矿、黃銅矿、銅的砷硫盐組合的实例来加以闡明。

此矿床至少包括两个共生組合（即两个矿化阶段的产物）：一为早期的毒砂黃鉄矿組合；一为晚期方鉛矿、鉄閃鋅矿、銅的砷硫盐矿物組合。晚期的組合所包括的矿物及其生成順序如下：鉄閃鋅矿-方鉛矿-黃銅矿-黝銅矿-块状硫砷銅矿-硫砷銅矿。此矿床的矿石組合样品化学分析結果：Cu——0.09%，As——0.28%，Sb——0.005%。又以某地的鉛鋅矿床作为磁黃鉄矿、鉄閃鋅矿、方鉛矿、鉛的銻硫盐組合的实例。該矿床包括两个組

1) 本文所指“矿物共生”是以 A. Г. 别捷赫琴所下的定义为出发点。

合（即矿化阶段）：早期的为磁黃鉄矿（黃鉄矿）、鉄閃鋅矿、毒砂組合；晚期为磁黃鉄矿、鉄閃鋅矿、方鉛矿、硫銻鉛矿組合。上述矿物的排列順序即是矿物生成順序。此矿床矿石組合样經化学分析（其中也包括部分早期組合矿石）內含 Cu——0.05%，As——0.02%，Sb——0.04%。現将两矿床的矿石組分进行比較：前者富含砷，而砷除在早期阶段析出外，在晚期矿化阶段亦有析出，同时在晚期矿化阶段又富集了銅，因而生成銅的含硫盐；后者矿石中，其所含的銻比砷为高，而砷又在早期矿化阶段大量析出，使晚期矿化阶段貧砷而富集銻，因而形成鉛的銻硫盐。显然，这一矿床硫盐的生成主要取决于矿石中砷、銻、鉍的含量和在矿化过程中元素的析出順序。

硫盐是組成复杂的矿物，其形成除涉及次要元素砷、銻、鉍外，亦与某矿段主要金属元素鉄、銅、鉛的形态有着密切关系。現以甘肃某地为例，該地硫盐矿物出現于矿化晚期阶段，在矿床南北两地段表現出两个不同的組合，南段为方鉛矿、鉄閃鋅矿、硫銻鉛矿組合；北段为方鉛矿、黃銅矿、車輪矿組合。两个地段的围岩及其他地質情况基本相同，而出現两个不同組合，显然是在矿化晚期阶段，北矿段比南矿段多出現了銅。广西某地亦可作为另一实例，該地两矿段亦出現不同共生組合，一矿段为鉄閃鋅矿、黃鉄矿、脆硫銻鉛矿組合；另外一矿段为方鉛矿、硫銻鉛矿組合。两矿段的地質情况相近，現在所見矿物組合上的差异，全是由主要元素鉄含量不同所引起。

相似的例子还很多，在此不一一列举。

硫盐矿物全出現于矿化的晚期阶段，其形成一般較主要金属矿物为晚，这已在矿物描述部分早已指出，在广西某地閃鋅矿、方鉛矿、鉛銅銻硫盐組合如此，即閃鋅矿-方鉛矿-車輪矿的生成順序，在辽宁的銅的砷硫盐矿床亦如此，在此不再多述。此种順序用于解释成矿晚期溶液的某些特性可認为：当主要金属矿物（方鉛矿、黃銅矿）形成之后，溶液中銅、鉛的离子浓度已較以前有显著下降，此时它已不足生成方鉛矿、黃銅矿，而与当时在溶液中聚集的砷、銻、鉍复离子相結合形成硫盐，即 $M^2 + [X_2S_4]^{2-} \longrightarrow MS \cdot X_2S_3 \downarrow$，其中 M^2 代表 Pb^{2+}、Cu^{2+}、Fe^{2+} 等（或 Cu^+）；X 代表 As、Sb、Bi 等。

当硫盐矿物生成时，溶液中 M^{2+} 和 $[X_2S_4]^{2-}$ 离子浓度均須达到一定数值，而 M^{2+} 与 $[X_2S_4]^{2-}$ 之間亦須保持一定比值，每当此比值发生变化时，則由一种硫盐矿物变为另种硫盐矿物。

如 $Pb^{2+} + [Sb_2S_4]^{2-} \longrightarrow PbS \cdot Sb_2S_3$（輝銻鉛矿）

1 : 1

而 $Pb^{2+} + [Sb_2S_4]^{2-} \longrightarrow 5PbS \cdot 2Sb_2S_3$（硫銻鉛矿）

5 : 2

控制硫盐矿物形成的因素，除上述因素外，还有溶液的酸碱度以及氧化还原电位等，現因資料有限，留待以后討論。

3. 与区域地球化学的关系。上面已討論过硫盐矿物的生成主要取决于矿床中主要、次要元素的含量，而这些元素的含量又与該区域的地球化学特性有着紧密联系。如广西某地，該区就是富含銻的区域，除該矿床的鉛全呈脆硫銻鉛矿硫盐存在外，在矿床的外围地区还見有輝銻矿矿床。广东某地就是含鉍的区域，因而矿床矿石中出現的主要硫盐矿物为鉍硫盐。

此項工作承蒙涂光熾先生热心指导，其中曾引用李錫林同志資料，在此謹表謝意。

（收稿日期：1963年2月15日）

参 考 文 献

[1] 李錫林、庄东臣 1959 广西215矿区錫石硫化物矿床硫盐矿物的初步研究。地质科学1959年8期。

[2] 陈正 1958 利用双石英片测定矿物反射率的新方法。矿物原料第4輯，地质出版社。

[3] 徐国风 1957 介紹中国若干复杂硫盐矿物和較稀少的硫化物。地质論評17卷。

[4] Григорян, Г. О. 1960. О некоторых закономерностях и условиях образования свинцо-сульмяных руд. Геохимия № 1.

[5] Иван-Костов. 1957. К вопросу об изоморфизме среди минералов сулрифосолей. Зап. об-ва.

[6] Chace, F. M. 1948. Tin-silver veins of Oruro, Bolivia. Econ. Geol. No. 6.

[7] Eugene, N. Cameron. 1957. Apparatus and techniques for the measurement of certain optical properties of ore minerals in reflected right. Econ. Geol. V. 52, No. 8.

[8] Gray, I. M. and Millman, A. P. 1962. Reflection characteristics of ore minerals. Econ. Geol. V. 57, No. 3.

[9] Randohr, Paul 1960. Die erzmineralien und ihre verwacheungen.

[10] Robinson, S. C. 1948. Synthesis of lead sulphantimonties. Econ. Geol. No.4.

СУЛЬФОСОЛИ И ИХ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ В СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КИТАЯ

Жэнь Ин-чэнь

(Резюме)

В настоящей статье диагностика сульфосолей основана на определении отражательной способности минералов в разных светах, рентгентетрическом анализе их порошка и других химических и физических свойств.

Сульфосоли и мышьяко-сурьмо-висмутосодержащие минералы, встречающиеся в свинцово-цинковых месторождениях Китая, представлены буланжеритом, джемсонитом, бурнонитом, блеклыми рудами, энаргитом, люцонитом, тенантитом, пруститом, франкеитом, висмутоплагионитом, клапротолитом, тетрадимитом, хедлейитом и аляскитом.

Все эти минералы в месторождениях различных генетических типов встречаются в разных ассоциациях.

В полиметаллических месторождениях скарнового типа имеется галенит-халькопирит-сульфовисмутная и медно-сульфоарсенидная ассоциация.

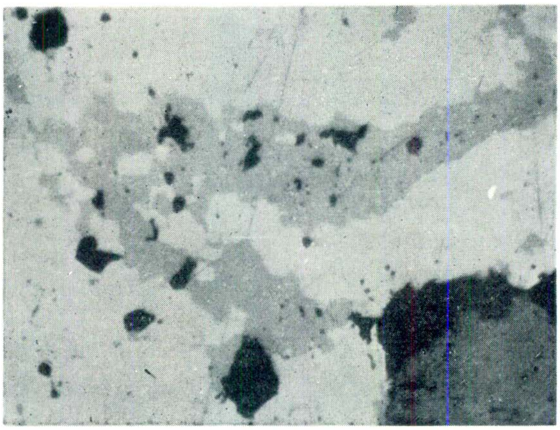
В средне-высокотемпературных месторождениях встречаются: (1) пирротин-марматит-халькопирит-сульфорвисмутная ассоциация, (2) пирротин-марматит-свинцовосульфоантимонитовая ассоциация.

В средне-температурных месторождениях встречаются: (1) галенит-марматит-халькопирит-медно-сульфоарсенидная ассоциация, (2) пирротин-марматит-галенит-свинцово-сульфоантимонитовая ассоциация, (3) галенит-халькопирит-свицово (медно) сульфоантитонитовая ассоциация.

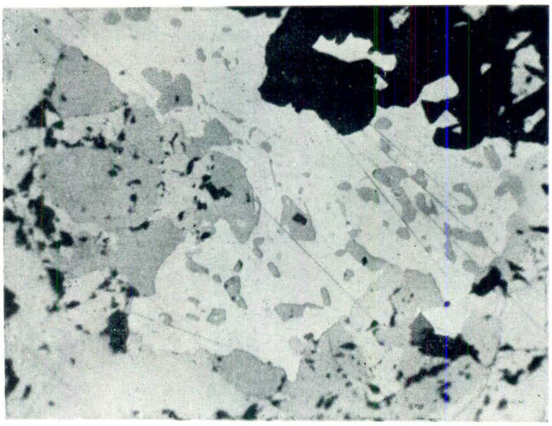
В средне-низкотемпературых месторождениях встречаются: (1) сфалерит-галенит-свинцово (медно) сульфоантимонитовая ассоциация, (2) марматит-свинцоко-сульфоантимонитовая ассоциация.

В полиметаллических месторождениях колчеданого типа встречается марматит-халькопирит-галенит-медно-сульфосольная ассоциация.

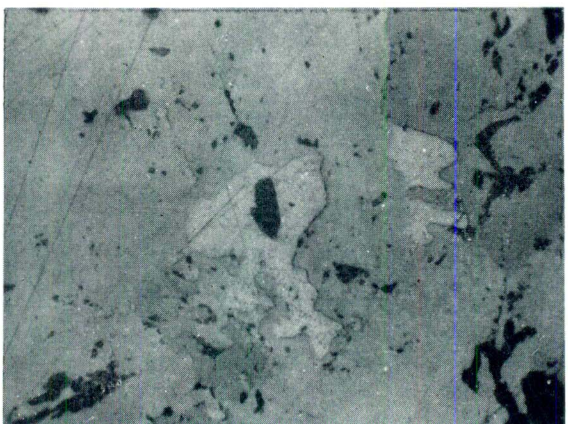
Различие в образовании того или иного минерала, встречающегося в свинцо-цинковых месторождениях, определяется следующими фактами: генетическим типом месторождения, содержанием Pb, Cu, Fe и As, Sb, Bi в этих месторождениях и геохимическими особенностями элементов в данном районе.



照片1　車輪矿穿插于方鉛矿顆粒之間，其形成較晚。方鉛矿（灰色），車輪矿（深灰）。辽宁。×170。



照片2　多碲鉍矿与磁黄鉄矿紧密共生。多碲鉍矿（白色），磁黄鉄矿（深灰），黃銅矿（灰色），石英（黑色）。我国。×120。



照片3　多碲鉍矿与磁黄鉄矿一起交代黃銅矿。多碲鉍矿（白色），磁黄鉄矿（深灰），黃銅矿（灰色）。我国。×120。